

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **11027707 A**

(43) Date of publication of application: 29.01.99

(51) Int. Cl H04Q 3/52  
H04B 10/22  
H04B 10/00  
H04B 10/02

(21) Application number: 09181427

(22) Date of filing: 07.07.97

(71) Applicant: **NEC CORP**

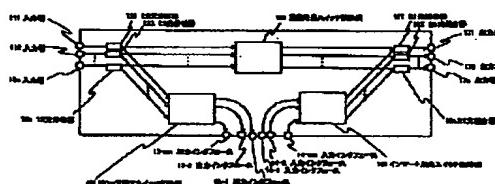
(72) Inventor: SHIRAGAKI TATSUYA  
HENMI NAOYA

**(54) OPTICAL COMMUNICATION NETWORK SYSTEM  
AND OPTICAL SWITCH CIRCUIT NETWORK**

(57) Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a small-volum mounting, low cost optical communication network system with a comparatively small scale configuration.

**SOLUTION:** This optical communication network nod system is provided with input terminals 111-11n, 1: optical branching devices 121-12n, a passing-by optical switching circuit 101, 2:1 photocouplers 151-15n, output terminals 171-17n, a drop optical switching circuit 102 output interfaces 13-1-13-mn, input interfaces 14-1-14-mn, and an inserting optical switching circuit 103. Since various optical switching circuits are separated and only a required switching state is supported, the number of useless optical switchin elements are reduced.



COPYRIGHT: (C)1999,JPO

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平11-27707

(43)公開日 平成11年(1999)1月29日

(51)Int.Cl.<sup>6</sup>

識別記号

F I

H 0 4 Q 3/52  
H 0 4 B 10/22  
10/00  
10/02

H 0 4 Q 3/52  
H 0 4 B 9/00

C  
A  
T

審査請求 有 請求項の数8 OL (全20頁)

(21)出願番号 特願平9-181427

(71)出願人 000004237

日本電気株式会社

東京都港区芝五丁目7番1号

(22)出願日 平成9年(1997)7月7日

(72)発明者 白垣 達哉

東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内

(72)発明者 逸見 直也

東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内

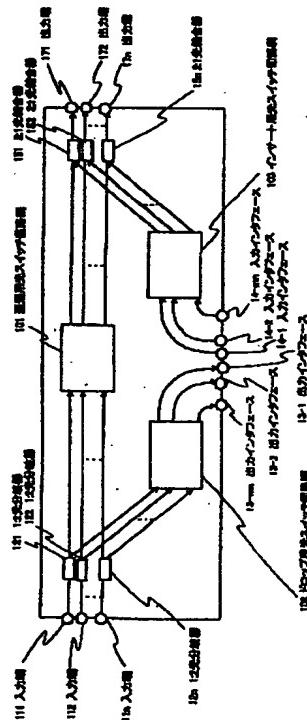
(74)代理人 弁理士 後藤 洋介 (外2名)

(54)【発明の名称】光通信ネットワーク装置及び光スイッチ回路網

(57)【要約】

【課題】 実装体積が小さく低コスト化し得る比較的小規模な構成の光通信ネットワーク装置を提供すること。

【解決手段】 この光通信ネットワーク・ノード装置は、入力端111～11nと、1：2光分岐器121～12nと、通過用光スイッチ回路網101と、2：1光結合器151～15nと、出力端171～17nと、ドロップ用光スイッチ回路網102と、出力インタフェース13-1～13-mnと、入力インタフェース14-1～14-mnと、インサート用光スイッチ回路網103とが備えられ、各種光スイッチ回路網が分離して必要な切り替え状態のみをサポートする構成であるため、無駄な光スイッチ素子を減らすことができる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 入力端と第1の出力端と第2の出力端とを持つ複数の光分岐手段と、第1の光スイッチ回路網と、第2の光スイッチ回路網と、第3の光スイッチ回路網と、第1の入力端と第2の入力端と出力端とを持つ複数の光結合手段と、複数の第1群の入力端と、複数の第1群の出力端と、複数の第2群の入力端と、複数の第2群の出力端とを備えた光通信ネットワーク装置であって、前記第1群の入力端が前記光分岐手段の入力端に接続され、前記光分岐手段の第1の出力端が前記第1の光スイッチ回路網に接続され、前記第1の光スイッチ回路網が前記光結合手段の第1の入力端に接続され、前記光結合手段の出力端が前記第1群の出力端に接続され、前記光分岐手段の第2の出力端が前記第2の光スイッチ回路網に接続され、前記第2の光スイッチ回路網が前記第2群の出力端に接続され、前記第2群の入力端が前記第3の光スイッチ回路網に接続され、前記第3の光スイッチ回路網が前記光結合手段の第2の入力端に接続されて成ることを特徴とする光通信ネットワーク装置。

【請求項2】 複数の光多重分離手段と、入力端と第1の出力端と第2の出力端とを持つ複数の光分岐手段と、第1の光スイッチ回路網と、第2の光スイッチ回路網と、第3の光スイッチ回路網と、第1の入力端と第2の入力端と出力端とを持つ複数の光結合手段と、複数の光多重手段と、複数の第1群の入力端と、複数の第1群の出力端と、複数の第2群の入力端と、複数の第2群の出力端とを備えた光通信ネットワーク装置であって、前記第1群の入力端が前記光多重分離手段に接続され、前記光多重分離手段が前記光分岐手段の入力端に接続され、前記光分岐手段の第1の出力端が前記第1の光スイッチ回路網に接続され、前記第1の光スイッチ回路網が前記光結合手段の第1の入力端に接続され、前記光結合手段の出力端が前記光多重手段に接続され、前記光多重手段が前記第1群の出力端に接続され、前記光分岐手段の第2の出力端が前記第2の光スイッチ回路網に接続され、前記第2の光スイッチ回路網が前記第2群の出力端に接続され、前記第2群の入力端が前記第3の光スイッチ回路網に接続され、前記第3の光スイッチ回路網が前記光結合手段の第2の入力端に接続されて成ることを特徴とする光通信ネットワーク装置。

【請求項3】 複数の光多重分離手段と、入力端と第1の出力端と第2の出力端とを持つ複数の光分岐手段と、第1の光スイッチ回路網と、第2の光スイッチ回路網と、第3の光スイッチ回路網と、第1の入力端と第2の入力端と出力端とを持つ複数の光結合手段と、複数の第1群の入力端と、複数の第1群の出力端と、複数の第2群の入力端と、複数の第2群の出力端とを備えた光通信ネットワーク装置であって、前記第1群の入力端が前記光多重分離手段に接続され、前記光多重分離手段が前記光分岐手段の入力端に接続され、前記光分岐手段の第1の出力端に接続され、前記光分岐手段の第1の出力端が前記第1の光スイッチ回路網に接続され、前記第1の光スイッチ回路網が前記光結合手段の第1の入力端に接続され、前記光結合手段の出力端が前記光多重手段に接続され、前記光多重手段が前記第1群の出力端に接続され、前記光分岐手段の第2の出力端が前記第2の光スイッチ回路網に接続され、前記第2の光スイッチ回路網が前記第2群の出力端に接続され、前記第2群の入力端が前記第3の光スイッチ回路網に接続され、前記第3の光スイッチ回路網が前記光結合手段の第2の入力端に接続されて成ることを特徴とする光通信ネットワーク装置。

の出力端が前記第1の光スイッチ回路網に接続され、前記第1の光スイッチ回路網が前記光結合手段の第1の入力端に接続され、前記光結合手段の出力端が前記第1群の出力端に接続され、前記光分岐手段の第2の出力端が前記第2の光スイッチ回路網に接続され、前記第2の光スイッチ回路網が前記第2群の出力端に接続され、前記第2群の入力端が前記第3の光スイッチ回路網に接続され、前記第3の光スイッチ回路網が前記光結合手段の第2の入力端に接続されて成ることを特徴とする光通信ネットワーク装置。

【請求項4】 入力端と第1の出力端と第2の出力端とを持つ複数の光分岐手段と、第1の光スイッチ回路網と、第2の光スイッチ回路網と、第3の光スイッチ回路網と、第1の入力端と第2の入力端と出力端とを持つ複数の光結合手段と、複数の光多重手段と、複数の第1群の入力端と、複数の第1群の出力端と、複数の第2群の入力端と、複数の第2群の出力端とを備えた光通信ネットワーク装置であって、前記第1群の入力端が前記光多重分離手段に接続され、前記光多重分離手段が前記光分岐手段の入力端に接続され、前記光分岐手段の第1の出力端が前記第1の光スイッチ回路網に接続され、前記第1の光スイッチ回路網が前記光結合手段の第1の入力端に接続され、前記光結合手段の出力端が前記光多重手段に接続され、前記光多重手段が前記第1群の出力端に接続され、前記光分岐手段の第2の出力端が前記第2の光スイッチ回路網に接続され、前記第2の光スイッチ回路網が前記第2群の出力端に接続され、前記第2群の入力端が前記第3の光スイッチ回路網に接続され、前記第3の光スイッチ回路網が前記光結合手段の第2の入力端に接続されて成ることを特徴とする光通信ネットワーク装置。

【請求項5】 請求項1～4の何れか一つに記載の光通信ネットワーク装置において、前記第1の光スイッチ回路網は、前記入力端に入力された光信号を通過させるか、或いは通過を禁ずるかを切り替える機能を持ち、空間的な接続切り替え機能を持たないことを特徴とする光通信ネットワーク装置。

【請求項6】 請求項1～5の何れか一つに記載の光通信ネットワーク装置において、前記第1の光スイッチ回路網及び前記第3の光スイッチ回路網は、前記入力端に入力された光信号を遮断可能であることを特徴とする光通信ネットワーク装置。

【請求項7】 複数の入力端と複数の出力端とを持つ第1の光分岐手段と、複数の第2の光分岐手段と、複数の光切り替え手段と、入力された多重光から一波のみを選択する複数の光選択手段と、入力された光信号の波長を変換する複数の波長変換手段と、複数の入力端と、複数の出力端とを備えた光スイッチ回路網であって、前記入力端が前記第1の光分岐手段に接続され、前記第1の光分岐手段が前記第2の光分岐手段に接続され、前記第2の光分岐手段が前記光切り替え手段に接続され、前記光

切り替え手段が前記光選択手段に接続され、前記光選択手段が前記波長変換手段に接続され、前記波長変換手段が前記出力端に接続されて成ることを特徴とする光スイッチ回路網。

**【請求項 8】** 複数の入力端と複数の出力端とを持つ第1の光分岐手段と、複数の第2の光分岐手段と、複数の光切り替え手段と、入力された多重光から一波のみを選択する複数の光選択手段と、入力された光信号の波長を変換する複数の波長変換手段と、複数の光多重手段と、複数の入力端と、複数の出力端とを備えた光スイッチ回路網であって、前記入力端が前記第1の光分岐手段に接続され、前記第1の光分岐手段が前記第2の光分岐手段に接続され、前記第2の光分岐手段が前記光切り替え手段に接続され、前記光切り替え手段が前記光選択手段に接続され、前記光選択手段が前記波長変換手段に接続され、前記波長変換手段が前記波長多重手段に接続され、前記波長多重手段が前記出力端に接続されて成ることを特徴とする光スイッチ回路網。

#### 【発明の詳細な説明】

##### 【0001】

**【発明の属する技術分野】** 本発明は、主として光通信分野で適用される光通信ネットワーク装置及び光スイッチ回路網に関するものである。

##### 【0002】

**【従来の技術】** 近年、通信の大容量化の需要に対応するために、光通信ネットワーク装置では波長多重を行うことにより1本の光伝送路中の容量を大きくする手段が採用されている。このような網を効率的に運用するため、例えば文献T. Shiragaki et al., "A Novel Optical Cross-Connect System using Photonic Switch Matrices for Flexible Optical Network Configuration" in Proc. ECOC '93, ThP5. 3, pp. 153-156, 1993. に記載されているように、通信ネットワーク・ノードに於いて光信号の単位で切り替えを行い、光信号のドロップ、インサートを行う光クロスコネクト・システムが検討されている。

**【0003】** ここで、ドロップとはネットワーク・ノードにおいて信号を自ノード内の他の通信装置へ出力することを意味し、インサートとはネットワーク・ノードに於いて自ノード内の他の通信装置からの信号を伝送信号光に重畳し、他ノードに伝送することを意味する。又、以下もそうであるように、通過とは伝送されて来た光信号を自ノード内の他の通信装置へドロップやインサートを行わないでそのままか、或いは空間的に接続替えを行ったり波長を変えたりして他ノードへ伝送することを意味する。更に、波長衝突とは1本の光伝送路（光ファイバ等）の中に異なる2つ以上の光信号が同じ波長で重畳

されることを意味する。

**【0004】** 従来の光クロスコネクト・ノード装置としては、文献 (T. Shiragaki et al., "Optical Cross-connect System using Fixed-Wavelength Converters to Avoid Wavelength Blocking," First Optoelectronics and Communications Conference (OECC '96) Technical Digest, PD1-5, pp. 10-11, 1996.) に記載され、図15に示されるような構成のものが挙げられる。

**【0005】** この光クロスコネクト・ノード装置では、1つの光伝送路に関してm波の波長多重がなされ、n本の光伝送路が他ノードが入出力されるため、計mn個の光信号が他ノードから入出力されることになる。入力端1501~150nは他ノードと接続され、出力端1531~153nは他ノードと接続される。入力インタフェース151-1~151-mn及び出力インタフェース152-1~152-mnには、自ノード内の電気のデジタル・クロスコネクト・システムが接続され、信号を授受する。入力端1501~150nから入力された光信号は波長多重分離器1541~154nにより波長多重分離され、光スイッチ回路網1599に入力される。

**【0006】** 光信号は、光スイッチ回路網1599で切り替えられ、波長変換器1551-1~155n-mに入力される。光信号は波長変換器1551-1~155n-mにより、各出力端に波長衝突が起こらないように波長変換され、他ノードへ伝送される。ノードにおいて全ての光信号のドロップ、インサートを可能とするために、光スイッチ回路網1599にドロップ用にmn個の入力端、インサート用にmn個の出力端を設けている。

**【0007】** 他ノードから入力される光信号はmn個、入力インタフェースから入力される光信号はmn個であるので、計2mn個の光信号が入力され、2mn個の入力端を光スイッチ回路網1599に設けている。同様に出力端に関しても、他ノードへの伝送用途にmn個の出力端、自ノードへのドロップ用途にmn個の出力端を設け、計2mn個の出力端を光スイッチ回路網1599に設けている。

##### 【0008】

**【発明が解決しようとする課題】** 上述した光クロスコネクト・ノード装置の場合、伝送されて来る光信号を出力インタフェースや他ノードと接続される出力端へ出力可能であり、入力インタフェースからの入力信号を出力端に出力することが可能であるが、様々な方路のノードと接続されるネットワークにおいては、任意の方路から来る光信号を任意の方路へ切り替えられ、任意の出力インターフェースに出力可能で、任意の入力インターフェースか

ら入力された光信号を任意の方路へ出力可能であることが要求されるため、光スイッチ回路網にはそのような切り替え機能が要求される。

【0009】ところが、光スイッチ回路網を切り替えることにより、伝送されて来る光信号を任意の出力端の任意の波長に変換して出力可能とすると共に、任意の出力インターフェースに出力可能とし、しかも何れの入力インターフェースから入力された光信号も任意の出力端の任意の波長に出力することを可能とするためには、光スイッチ回路網に  $2 \text{ m n} \times 2 \text{ m n}$  の非閉塞なスイッチング機能を持たせる必要があり、例えたマトリクス・スイッチ構成（クロス・バー構成）を採用した場合には  $(2 \text{ m n} \times 2 \text{ m n}) = 4 (\text{m n})^2$  個という膨大な数の光スイッチ素子を要することになる。従って、こうした構成の光スイッチ回路網を含む光通信ネットワーク装置は、実装体積が大きく大規模でコスト高なものとなってしまう。

【0010】本発明は、このような問題点を解決すべくなされたもので、その技術的課題は、実装体積が小さく比較的小規模で低コスト化し得る光通信ネットワーク装置及び光スイッチ回路網を提供することにある。

#### 【0011】

【課題を解決するための手段】本発明によれば、入力端と第1の出力端と第2の出力端とを持つ複数の光分岐手段と、第1の光スイッチ回路網と、第2の光スイッチ回路網と、第3の光スイッチ回路網と、第1の入力端と第2の入力端と出力端とを持つ複数の光結合手段と、複数の第1群の入力端と、複数の第1群の出力端と、複数の第2群の入力端と、複数の第2群の出力端とを備えた光通信ネットワーク装置であって、第1群の入力端が光分岐手段の入力端に接続され、光分岐手段の第1の出力端が第1の光スイッチ回路網に接続され、第1の光スイッチ回路網が光結合手段の第1の入力端に接続され、光結合手段の出力端が第1群の出力端に接続され、光分岐手段の第2の出力端が第2の光スイッチ回路網に接続され、第2の光スイッチ回路網が第2群の出力端に接続され、第2群の入力端が第3の光スイッチ回路網に接続され、第3の光スイッチ回路網が光結合手段の第2の入力端に接続されて成る光通信ネットワーク装置が得られる。

【0012】又、本発明によれば、複数の光多重分離手段と、入力端と第1の出力端と第2の出力端とを持つ複数の光分岐手段と、第1の光スイッチ回路網と、第2の光スイッチ回路網と、第3の光スイッチ回路網と、第1の入力端と第2の入力端と出力端とを持つ複数の光結合手段と、複数の光多重手段と、複数の第1群の入力端と、複数の第1群の出力端と、複数の第2群の入力端と、複数の第2群の出力端とを備えた光通信ネットワーク装置であって、第1群の入力端が光多重分離手段に接続され、光多重分離手段が光分岐手段の入力端に接続され、光分岐手段の第1の出力端が第1の光スイッチ回路

網に接続され、第1の光スイッチ回路網が光結合手段の第1の入力端に接続され、光結合手段の出力端が光多重手段に接続され、光多重手段が第1群の出力端に接続され、光分岐手段の第2の出力端が第2の光スイッチ回路網に接続され、第2の光スイッチ回路網が第2群の出力端に接続され、第2群の入力端が第3の光スイッチ回路網に接続され、第3の光スイッチ回路網が光結合手段の第2の入力端に接続されて成る光通信ネットワーク装置が得られる。

【0013】更に、本発明によれば、複数の光多重分離手段と、入力端と第1の出力端と第2の出力端とを持つ複数の光分岐手段と、第1の光スイッチ回路網と、第2の光スイッチ回路網と、第3の光スイッチ回路網と、第1の入力端と第2の入力端と出力端とを持つ複数の光結合手段と、複数の第1群の入力端と、複数の第1群の出力端と、複数の第2群の入力端と、複数の第2群の出力端とを備えた光通信ネットワーク装置であって、第1群の入力端が光多重分離手段に接続され、光多重分離手段が光分岐手段の入力端に接続され、光分岐手段の第1の出力端が第1の光スイッチ回路網に接続され、第1の光スイッチ回路網が光結合手段の第1の入力端に接続され、光結合手段の出力端が第1群の出力端に接続され、光分岐手段の第2の出力端が第2の光スイッチ回路網に接続され、第2の光スイッチ回路網が第2群の出力端に接続され、第2群の入力端が第3の光スイッチ回路網に接続され、第3の光スイッチ回路網が光結合手段の第2の入力端に接続されて成る光通信ネットワーク装置が得られる。

【0014】加えて、本発明によれば、入力端と第1の出力端と第2の出力端とを持つ複数の光分岐手段と、第1の光スイッチ回路網と、第2の光スイッチ回路網と、第3の光スイッチ回路網と、第1の入力端と第2の入力端と出力端とを持つ複数の光結合手段と、複数の光多重手段と、複数の第1群の入力端と、複数の第1群の出力端と、複数の第2群の入力端と、複数の第2群の出力端とを備えた光通信ネットワーク装置であって、第1群の入力端が光分岐手段の入力端に接続され、光分岐手段の第1の出力端が第1の光スイッチ回路網に接続され、第1の光スイッチ回路網が光結合手段の第1の入力端に接続され、光結合手段の出力端が光多重手段に接続され、光多重手段が第1群の出力端に接続され、光分岐手段の第2の出力端が第2の光スイッチ回路網に接続され、第2の光スイッチ回路網が第2群の出力端に接続され、第2群の入力端が第3の光スイッチ回路網に接続され、第3の光スイッチ回路網が光結合手段の第2の入力端に接続されて成る光通信ネットワーク装置が得られる。

【0015】これらの光通信ネットワーク装置において、第1の光スイッチ回路網は、入力端に入力された光信号を通過させるか、或いは通過を禁ずるかを切り替える機能を持ち、空間的な接続切り替え機能を持たないこ

7  
とは好ましく、更に、第1の光スイッチ回路網及び第3の光スイッチ回路網は、入力端に入力された光信号を遮断可能であることは好ましい。

【0016】一方、本発明によれば、複数の入力端と複数の出力端を持つ第1の光分岐手段と、複数の第2の光分岐手段と、複数の光切り替え手段と、入力された多重光から一波のみを選択する複数の光選択手段と、入力された光信号の波長を変換する複数の波長変換手段と、複数の入力端と、複数の出力端とを備えた光スイッチ回路網であって、入力端が第1の光分岐手段に接続され、第1の光分岐手段が第2の光分岐手段に接続され、第2の光分岐手段が光切り替え手段に接続され、光切り替え手段が光選択手段に接続され、光選択手段が波長変換手段に接続され、波長変換手段が出力端に接続されて成る光スイッチ回路網が得られる。

【0017】他方、本発明によれば、複数の入力端と複数の出力端を持つ第1の光分岐手段と、複数の第2の光分岐手段と、複数の光切り替え手段と、入力された多重光から一波のみを選択する複数の光選択手段と、入力された光信号の波長を変換する複数の波長変換手段と、複数の光多重手段と、複数の入力端と、複数の出力端とを備えた光スイッチ回路網であって、入力端が第1の光分岐手段に接続され、第1の光分岐手段が第2の光分岐手段に接続され、第2の光分岐手段が光切り替え手段に接続され、光切り替え手段が光選択手段に接続され、光選択手段が波長変換手段に接続され、波長変換手段が波長多重手段に接続され、波長多重手段が出力端に接続されて成る光スイッチ回路網が得られる。

#### 【0018】

【作用】従来の光通信ネットワーク装置では、他ノードからの光信号と自ノードの他の装置からのインサート信号を同一の光スイッチ回路網に入力し、他ノードへの出力信号と、自ノードの他の装置への出力信号を同一の光スイッチ回路網から出力していることにより、自ノードの他の装置からインサートして自ノードの他の装置へドロップするという不要な切り替え状態までサポートするという無駄があるが、本発明の光通信ネットワーク装置では、通過（信号）用光スイッチ回路網と、ドロップ用光スイッチ回路網と、インサート用光スイッチ回路網とに分離して必要な切り替え状態のみをサポートする構成としているので、無駄な光スイッチ素子を減らすことが可能となる。

#### 【0019】

【発明の実施の形態】以下に実施例を挙げ、本発明の光通信ネットワーク装置及び光スイッチ回路網について、図面を参照して詳細に説明する。但し、本発明の光通信ネットワーク装置では、他ノードからの光信号のドロップ、インサート、通過信号の接続替えや、ON/OFFを目的とする装置であり、自ノードからインサートされた信号を自ノードでドロップすることは対象外とする。

又、以下では1本の光ファイバ中にm波の波長が多重され、n本の光ファイバが他ノードから光通信ネットワーク装置に入力され、n本の光ファイバが光通信ネットワーク装置から他ノードへ出力される系を前提とする。更に、自ノードでは、mn個の光信号全てをドロップ、インサートすることが可能である構成を対象とする。即ち、これは現用光信号と予備光信号との両方を入力端に入力し、両方を出力端に出力する構成であり、現用の光信号と予備の光信号との何れでもドロップ、インサート、切り替えが可能であるノード構成を対象とすることを意味する。

【0020】図1は、本発明の実施例1に係る光通信ネットワーク・ノード装置の基本構成を示したブロック図である。この光通信ネットワーク・ノード装置は、入力端111～11nと、1:2光分岐器（ここでは以下も同様に1入力2出力の光分岐器を1:2光分岐器と呼ぶ）121～12nと、通過（信号）用光スイッチ回路網101と、2:1光結合器（ここでは以下も同様に2入力1出力の光分岐器を1:2光分岐器と呼ぶ）151～15nと、出力端171～17nと、ドロップ用光スイッチ回路網102と、出力インターフェース13-1～13-mnと、入力インターフェース14-1～14-mnと、インサート用光スイッチ回路網103とが備えられている。

【0021】このうち、入力端111～11nは他ノードからの光ファイバを接続し、出力端171～17nは他ノードへの光ファイバを接続する。出力インターフェース13-1～13-mnは、多重分離した光信号を他の装置へ送出するものであり、例えば電気のデジタル・クロスコネクト装置（例えば文献「Joseph Sosnosky, "Service Applications for SONET DCS Distributed Restoration", IEEE J. Selected Areas Commun., vol. 11, no. 1, pp. 59-68, Jan. 1994.」等に詳細が記載されている）と接続することが可能である。入力インターフェース14-1～14-mnは他の装置からの光信号を入力し、出力インターフェース13-1～13-mnと同様に、電気のデジタル・クロスコネクト装置を用いることが可能である。

【0022】1:2光分岐器121～12nは、入力された光信号を2つに分岐して出力し、2:1光結合器151～15nは入力された2つの光信号を合波して1つに結合して出力する。これらの1:2光分岐器121～12n及び2:1光結合器151～15nには、何れもファイバ融着型の1:2又は2:1の光カップラを用いることが可能である。入力端111～11n及び出力端171～17nには、他ノードと接続される全ての光伝送路を接続する。

【0023】図2は、通過用光スイッチ回路網101の

一例の細部構成を示したものである。この通過用光スイッチ回路網101は、入力端201～20nと、波長多重分離器211～21nと、 $2 \times 2$ 光スイッチ221-1～22(mn)～(mn)と、波長変換器251-1～25n-mと、波長多重器261～26nと、出力端271～27nとをこの順で接続して成る。

【0024】このうち、波長変換器251-1～25n-mは、光受信器で受信した電気信号を所望の波長を出力する光送信器に入力して変調する構成となっている。又、波長変換器251-1～25n-mは遮断機能を持つが、こうした場合には光送信器のレーザを駆動する回路にレーザに電流を流すモードと電流を流さないモードとを切り替えるスイッチを設けて構成できる。 $2 \times 2$ 光スイッチ221-1～221-mnは、LiNbO<sub>3</sub>の電気光学効果を用いて屈折率を変化させ、クロス状態とバー状態とに光路が切り替わる原理を利用した光スイッチを用いることが可能（図中ではバー状態、クロス状態がそれぞれ右か下に90度曲がる状態、直進状態として示される）である。このような $2 \times 2$ 光スイッチ221-1～22(mn)～(mn)を図示のように格子状に配置して接続することによりマトリクス・スイッチが構成される。尚、波長多重器261～26nにはAWG（アレイ導波路型グレーティング）を用いることが可能となっている。

【0025】この通過用光スイッチ回路網101を用いることにより、波長多重された光が入力端201～20nに入力されたとき、 $2 \times 2$ 光スイッチ221-1～22(mn)～(mn)の接続状態を切り替えることにより、入力端201～20nの任意のものにおける任意な波長を出力端271～27nの任意のものにおける任意な波長に変換することが可能となる。更に、波長変換器251-1～25n-mを用いて波長を変換することにより、出力端271～27nの1つのものへ同一の波長の光信号が入力されないようにすることが可能となるが、この波長変換器251-1～25n-mにON/OFF機能を持たせれば一部の波長を遮断して出力することが可能となる。

【0026】図3は、ドロップ用光スイッチ回路網102の一例の細部構成を示したものである。このドロップ用光スイッチ回路網102は、先の通過用光スイッチ回路網101の構成から最終段の波長多重器261～26nを取り除いた構成として用いることが可能である。即ち、このドロップ用光スイッチ回路網102は、入力端301～30nと、波長多重分離器311～31nと、 $2 \times 2$ の光スイッチ321-1～32(mn)～(mn)と、出力端371-1～371-(mn)とをこの順で接続して成り、これらの各部にはそれぞれ図2で用いたものと同様のものを用いることが可能となっている。

【0027】このドロップ用光スイッチ回路網102を

用いることにより、波長多重された光信号を入力すると、波長多重分離された光信号を出力することが可能となるが、このときに図2に示した通過用光スイッチ回路網101の場合と同様に、入力端301～30nの任意のものの任意な波長の光信号を任意な波長に変換して出力端371-1～371-(mn)の任意のものへ出力することが可能となる。

【0028】図4は、インサート用光スイッチ回路網103の一例の細部構成を示したものである。このインサート用光スイッチ回路網103は、先の通過用光スイッチ回路網101の構成から初段の波長多重分離器211～21nを取り除いた構成として用いることが可能である。即ち、このインサート用光スイッチ回路網103は、入力端401-1～40-mnと、 $2 \times 2$ 光スイッチ421-1～42(mn)～(mn)と、波長変換器451-1～45n-mと、波長多重器461～46nと、出力端471～47nとをこの順で接続して成り、これらの各部にはそれぞれ図2で用いたものと同様のものを用いることが可能となっている。

【0029】このインサート用光スイッチ回路網103では、波長多重分離器が取り扱われているため、波長多重されないで一波ずつに分離された状態で入力されるが、それ以降は先の通過用光スイッチ回路網101の場合と同様に動作する。

【0030】ところで、このインサート用光スイッチ回路網103に波長多重されていない光信号（1波）を入力すると、波長多重された光信号を出力することが可能であるが、このときに先の通過用光スイッチ回路網101の場合と同様に入力端401-1～40-mnの任意のものにおける任意な波長の光信号を任意な波長に変換して出力端471～47nの任意のものへ出力することが可能である。

【0031】これらの各種光スイッチ回路網（通過用光スイッチ回路網101、ドロップ用光スイッチ回路網102、インサート用光スイッチ回路網103）を備えた光通信ネットワーク・ノード装置では、入力光ファイバ中の任意のものの任意な波長の光信号をドロップすること、入力光ファイバ中の任意のものの任意な波長の光信号を任意な波長に変換して出力ファイバの任意のもの（他ノード）へ送出すること、インサート信号の任意のものを任意な波長に変換して出力ファイバ中の任意のものへ送出することが可能となる。

【0032】即ち、この光通信ネットワーク・ノード装置において、入力端111～11nに入力された波長多重信号光は光分岐器121～12nにより分岐され、通過用光スイッチ回路網101、ドロップ用光スイッチ回路網102の両方に入力されるが、ドロップ用光スイッチ回路網102に入力された波長多重信号光は、上述したようにドロップ用光スイッチ回路網102の出力端371-1～371-(mn)の任意のものへ出力するこ

とが可能である。ここでの出力端371-1~371-(mn)は装置の出力インターフェース13-1~13-mnに接続されているので、装置の入力端111~12nに入力された波長多重信号光の任意な波長の光信号を装置の出力インターフェース13-1~13-mnの任意のものへ出力することが可能である。

【0033】一方、通過用光スイッチ回路網101に入力された波長多重信号は、上述したように入力ファイバ中の任意のものの任意な波長の光信号を任意な波長の光信号に変換して出力ファイバの任意のものへ出力することが可能である。又、入力インターフェース14-1~14-mnから入力された光信号はインサート用光スイッチ回路網103に入力される。インサート用光スイッチ回路網103に関しても上述したように、入力端401-1~40-mnの任意のものにおける任意な波長の光信号を任意な波長に変換して出力端471~47nの任意のものへ出力することが可能である。

【0034】そこで、2:1光結合器151~15nではインサート用光スイッチ回路網103の出力光と通過用光スイッチ回路網101の出力光とを合波するが、各光スイッチ回路網の何れも入力された光信号を任意の出力端から任意な波長の光信号として出力することが可能であり、且つそれぞれの波長の光信号を出力するモードと出力しないモードとに切り替えること可能であるため、合波するときに波長衝突（同一の出力端中に同じ波長の光信号が入力されること）を回避して合波することが可能となる。具体的に云えば、合波するときに同一の波長が合波されないように一方の光スイッチ回路網の出力をOFF状態とするか、或いは異なる波長で合波されるように波長変換を行うことで波長衝突を回避できる。

【0035】従って、この光通信ネットワーク・ノード装置では、入出力端に現用の光信号及び予備光信号を入出力させることができ、光伝送路に障害が発生したときや、ノードに障害が発生した時等にそれらを切り替えることにより障害を回復させることができる。例えば、入力インターフェース14-1~14-mnから現用光信号と予備光信号とをインサート用光スイッチ回路網103に入力して他ノードへ伝送する。途中のノードでは通過用光スイッチ回路網101を切り替えることにより現用光信号及び予備光信号の経路を構成する。最後に現用光信号をドロップするノードでドロップ用光スイッチ回路網102を切り替えて現用光信号のドロップが可能となる。

【0036】又、この光通信ネットワーク・ノード装置の場合、従来の装置よりも光スイッチ素子数が減少し、低コストで具現可能で比較的小規模なノード構成となる。従来の装置では、上述したようにm波多重されたn本の光ファイバが入力端と出力端とに接続されている場合、波長多重信号光を空間的に展開して考えると、入力端は通過信号用にmn個、インサート用にmn個であ

り、計2mn個必要とされ、出力端は通過信号用にmn個、ドロップ信号用にmn個であり、計2mn個必要とされる。それ故、従来の装置では入出力端間の切り替えを非閉塞に行おうとすると、波長多重を空間的に展開したマトリクス・スイッチを考えた場合、 $(2mn)^2 = 4(mn)^2$ 個という膨大な数の $2 \times 2$ 光スイッチ素子（交差点数）が必要となつたが、本実施例の装置では通過用光スイッチ回路網101にはm波多重されたn本の光ファイバからの光が入力され、m波多重されたn個の光が出力されるため、図2に示したように波長多重を空間的に展開したマトリクス・スイッチを考えた場合、通過用光スイッチ回路網101には $(mn)^2$ 個の光スイッチ素子が必要となる。又、ドロップ用光スイッチ回路網102にはm波多重されたn本の光ファイバからの光信号が入力され、mn個の光信号が出力されるため、図3に示したように波長多重を空間的に展開したマトリクス・スイッチを考えると、ドロップ用光スイッチ回路網102には $(mn)^2$ 個の $2 \times 2$ 光スイッチ素子が必要とされる。更に、インサート用光スイッチ回路網103にはmn個の光信号が入力され、m波多重されたn本の光信号が出力されるため、任意の出力端に任意の光信号を出力しようとすると、図4に示したように波長多重を空間的に展開したマトリクス・スイッチを考えた場合、インサート用光スイッチ回路網103には $(mn)^2$ 個の光スイッチ素子が必要となる。

【0037】これにより、本実施例の装置では、計 $3(mn)^2$ 個の光スイッチ素子を必要とするが、これは従来の装置で必要とされた数 $(4(mn)^2$ 個)よりも $(mn)^2$ 個少なく、簡素で低コスト化できるものとなる。これは、図15に示した従来の装置では、本来不要な接続である入力インターフェース1511~151nから出力インターフェース1521~152nへの接続もサポートしているのに対し、本実施例の装置では不要な接続状態（インサート入力インターフェースとドロップ出力インターフェースとの接続）をサポートしておらず、無駄なスイッチが存在しないからである。因みに、本実施例の装置では、ドロップ用光スイッチ回路網102の出力インターフェースの一部に光信号監視装置を接続すると、そのノードを通過する光信号の監視を常時行うことが可能となる。これは光分岐器により分岐して同じ光信号が通過用光スイッチ回路網101、ドロップ用光スイッチ回路網102の両方に流入するために可能となる。

【0038】図5は、通過用光スイッチ回路網101の他例である通過用光スイッチ回路網599の細部構成を示したものである。この通過用光スイッチ回路網599は、文献(M. Nishio and S. Suzuki, "Photonic Wavelength-Division Switching Network Using a Parallel λ-switch",

Springer Series in Electronics and Photonics, vol. 2  
9, Photonic Switching II (Editor: K. Tada, H. S. Hinton), pp. 287, Fig. 2, 1990) に記載されているパラレルスイッチである。

【0039】即ち、この通過用光スイッチ回路網599は、入力端501～50nと、入力された光のパワーをn分岐する1:n光分岐器511～51nと、入力された光のパワーをm分岐する1:m光分岐器521-1～52n-nと、n入力された光のうちの一つを選択するn×1光セレクタ531-1～53n-mと、波長選択フィルタ541-1～541n-mと、波長変換器551-1～55n-mと、波長多重器561～56nと、出力端571～57nとをこの順で接続して成るが、1:n光分岐器511～51nや1:m光分岐器521-1～52n-nの出力は図示のように互いに異なる後段へ接続されるように構成されている。

【0040】例えば、光分岐器511の出力の1つは出力端571と最終的に接続されている1:m光分岐器521-1に接続し、他の1つは出力端572と最終的に接続されている1:m光分岐器522-1に接続する。n×1光セレクタ（空間分割光スイッチ）531-1～53n-mは、n入力された光のうちの一つを選択し、1:m光分岐器521-1～52n-nは図示のようにn×1光セレクタ531-1～53n-mのうちの同じ回路網出力端に最終的に接続されているものに接続する。

【0041】波長選択フィルタ541-1～541n-mは、m波が波長多重された光信号を入力したときに一波のみ選択して出力することが可能な光の可変波長BPF（バンド・パス・フィルタ）であり、例えば干渉膜フィルタやF P（ファブリ・ペロー）フィルタを用いて構成することが可能である。波長変換器551-1～55n-mは、光受信器で受信した電気信号を所望の波長を出力する光送信器に入力して変調する構成として具現できる。又、波長変換器551-1～55n-mは遮断機能を持つが、こうした構成は光送信器のレーザを駆動する回路にレーザに電流を流すモードと電流を流さないモードとを切り替えるスイッチを設ければ具現できる。波長多重器561～56nにはAWG（アレイ導波路型グレーティング）を用いることが可能である。

【0042】この通過用光スイッチ回路網599を用いることにより、波長多重された光が入力端501～50nに入力されたとき、n×1光セレクタ531-1～53n-mと波長選択フィルタ541-1～541n-mとを切り替えることにより、入力端501～50nの任意のものにおける任意な波長を任意な波長に変換して出力端571～57nの任意のものへ出力することが可能である。従って、マルチキャストが可能な構成（放送型

の接続も可能な構成）となる。これは1:n分岐器511～51nと1:m分岐器521-1～52n-nにより、n×1光セレクタ531-1～53n-mの特定のものには入力端501～50nの全部から波長多重された光信号が入力されるため、n×1光セレクタ531-1～53n-mにより入力端501～50nの任意のものから波長多重信号を選択することができる上、波長選択フィルタ541-1～541n-mにより選択した光信号から任意な波長を選択することができるからである。更に、波長変換器551-1～55n-mにより1本の光ファイバの中に同一の波長の光信号が入力されないように設定することができる。加えて、波長変換器551-1～55n-mがON/OFF機能を持つことによって光信号を遮断することができる。

【0043】図6は、ドロップ用光スイッチ回路網102の他例であるドロップ用光スイッチ回路網699の細部構成を示したものである。このドロップ用光スイッチ回路網699は、図5に示す通過用光スイッチ回路網599のパラレルスイッチから最終段の波長多重器561～56nを取り除いた構成として用いることが可能である。即ち、このドロップ用光スイッチ回路網699は、入力端601～60nと、1:n光分岐器611～61nと、1:m光分岐器621-1～62n-nと、n×1光セレクタ631-1～63n-mと、波長選択フィルタ641-1～64n-mと、出力端671-1～67n-mとをこの順で接続して成り、これらの各部にはそれぞれ図5で用いたものと同様のものを用いることが可能となっている。

【0044】このうち、波長選択フィルタ641-1～64n-mには、光を出力するモードと何も光を出力しないモードを切り替えることが可能なものを用いる。波長選択フィルタ641-1～64n-mを入力信号光の波長に合致させると光を出力するモードとなるが、その選択波長を入力信号光と異なる波長にすれば何も出力しないモードとなる。

【0045】このドロップ用光スイッチ回路網699において、波長多重された光信号を入力すると、波長多重分離された光信号を出力することが可能であるが、このときに図5の通過用光スイッチ回路網599と場合と同様に入力ファイバの任意のものの任意な波長の光信号を任意な波長に変換して出力端671-1～67n-mの任意のものへ出力することが可能である。これは図5で説明した場合と同様に、n×1光セレクタ631-1～63n-mの入力に入力端601～60nの全部からの波長多重された光信号が分配されるため、n×1光セレクタ631-1～63n-mにより入力端601～60nの任意のものの光信号を選択することができる、その後段の波長選択フィルタ641-1～64n-mによって任意な波長を選択することができるからである。

【0046】図7は、インサート用光スイッチ回路網103の他例であるインサート用光スイッチ回路網799の細部構成を示したものである。このインサート用光スイッチ回路網799は、入力端701-1~70n-mと、波長多重器781~78nと、1:n光分岐器711~71nと、1:m光分岐器721-1~72n-nと、n×1光セレクタ731-1~73n-mと、波長選択フィルタ741-1~74n-mと、波長変換器751-1~75n-mと、波長多重器761~76nと、出力端771~77nとをこの順で接続して成り、各部にはそれぞれ図5で用いたものと同様のものを用いることが可能となっている。

【0047】このインサート用光スイッチ回路網799の場合、図5のパラレルλスイッチの初段に用いられている1:n光分岐器の前段に波長多重器を配置し、波長多重されないで一波ずつに分離された状態で入力される光信号を波長多重して、1:n光分岐器711~71nに入力させており、それ以降は図5の場合と同様に動作させることができることが可能となっている。

【0048】このインサート用光スイッチ回路網799において、波長多重されていない光信号(1波)を入力すると、波長多重された光信号を出力することが可能となるが、このときに図5の通過用光スイッチ回路網599の場合と同様に入力端701-1~70n-mの任意のものの光信号を任意な波長にして出力端771~77nの任意のものへ波長多重して出力することが可能である。

【0049】これらの各種光スイッチ回路網(通過用光スイッチ回路網599、ドロップ用光スイッチ回路網699、インサート用光スイッチ回路網799)を備えた光通信ネットワーク・ノード装置の場合も、入力光ファイバ中の任意のものの任意な波長の光信号をドロップすること、入力光ファイバ中の任意のものの任意な波長の光信号を任意な波長に変換して出力ファイバの任意のもの(他ノード)へ送出すること、インサート信号の任意のものを任意な波長に変換して出力ファイバ中の任意のものへ送出することが可能となる。

【0050】又、光通信ネットワーク・ノード装置の場合も、従来の装置のように1つの光スイッチ回路網で実現する場合に比べ、このように光スイッチ回路網を3分割しているため、必要な光スイッチ素子数が減少化できる他、1つの光スイッチ回路網内で分岐する数が少なくて済み、しかも準備する光セレクタのサイズも小さくて済むので、光損失が少なく低コストで具現可能で比較的小規模なノード構成となる。

【0051】図8は、本発明の実施例2に係る光通信ネットワーク・ノード装置の基本構成を示したブロック図である。この光通信ネットワーク・ノード装置は、入力端811~81nと、波長多重分離器881~88nと、1:2光分岐器821-1~82n-mと、通過用

光スイッチ回路網801と、2:1光結合器851-1~85n-mと、波長多重器891~89nと、出力端871~87nと、ドロップ用光スイッチ回路網802と、出力インタフェース83-1~83-mnと、入力インタフェース84-1~84-mnと、インサート用光スイッチ回路網803とが備えられている。

【0052】このうち、1:2光分岐器821-1~82n-m及び2:1光結合器851-1~85n-mは、それぞれ図1で説明した構成のものと同じ構成のものを用いることができる。又、波長多重器891~89nには、図5で説明した波長多重器561~56nと同じ構成のものを用いることができる。

【0053】図9は、ここでの通過用光スイッチ回路網801及びインサート用光スイッチ回路網803に適用可能な光スイッチ回路網999の細部構成を示したものである。この光スイッチ回路網999は、入力端901-1~90n-mと、波長多重器781~78nと、1:n光分岐器711~71nと、1:m光分岐器721-1~72n-nと、n×1光セレクタ731-1~73n-mと、波長選択フィルタ741-1~74n-mと、波長変換器751-1~75n-mと、出力端971-1~97n-mとを備えて成っている。

【0054】この光スイッチ回路網999では、入力端901-1~90n-mに入力された波長多重されていない光信号が波長多重器781~78nにより波長多重され、1:n光分岐器711~71nに入力される。それ以降は図6で説明したドロップ用光スイッチ回路網699の場合と同様な動作をして出力端971-1~97n-mに任意な光信号を出力させることができる。

【0055】尚、ここでの光通信ネットワーク・ノード装置におけるドロップ用光スイッチ回路網802は、図9に示した光スイッチ回路網999における波長変換器751-1~75n-mを取り除いた構成として用いることが可能である。尚、この光通信ネットワーク・ノード装置では、光スイッチ回路網999を用いるものとするが、これ以外のものとして例えばm n×m nのマトリクス構成の光スイッチ回路網を用いることも可能である。

【0056】実施例2の光通信ネットワーク・ノード装置では、入力された波長多重信号光が波長多重分離器881~88nにより波長多重分離された後、1:2光分岐器821-1~82n-mにより2分岐され、通過用光スイッチ回路網801、ドロップ用光スイッチ回路網802に入力される。これらの光スイッチ回路網は、それぞれ波長多重分離された光信号を非閉塞に切り替えることが可能であるため、任意の光信号を出力インタフェース83-1~83-mnの任意のものへ出力することが可能であり、任意の光信号を任意の光ファイバの任意な波長の光信号にして通過用光スイッチ回路網801から送出することが可能となっている。又、入力インタフェ

エース84-1～84-mnから入力された光信号はインサート用光スイッチ回路網803に入力され、ここで任意に波長多重分離された入力信号光を出力端871～87nのうちの任意なものへ波長多重分離された状態で出力することが可能となる。

【0057】一方、通過用光スイッチ回路網801を通過して来る光信号は、任意の入力光信号を出力端871～87nのうちの任意のものへ出力させることが可能である。インサート用光スイッチ回路網803及び通過用光スイッチ回路網801に関しては、波長変換器751-1～75n-mがゲート・スイッチ機能を持っているため、それらをON/OFFすることによってインサート用光スイッチ回路網803と、通過用光スイッチ回路網801とからの出力光信号が同時に2:1光結合器851-1～85n-mへ入力することを回避でき、波長衝突を起こすことなく合波させることができる。

【0058】実施例2の光通信ネットワーク・ノード装置は、実施例1のものでの波長多重分離器及び光分岐器と波長多重器及び光結合器との位置を逆にしたものであり（波長多重分離器及び波長多重器は光スイッチ回路網中に含まれている）、実質的に必要な光スイッチ素子数は実施例1のものと同一となる。従って、ここでの光通信ネットワーク・ノード装置においても必要な光スイッチ素子数を減らすことができる。

【0059】図10は、本発明の実施例3に係る光通信ネットワーク・ノード装置の基本構成を示したブロック図である。この光通信ネットワーク・ノード装置は、入力端1011～101nと、1:2光分岐器121～12nと、通過用光スイッチ回路網1001と、2:1光結合器851-1～85n-mと、波長多重器891～89nと、出力端1071～107nと、ドロップ用光スイッチ回路網102と、出力インタフェース103-1～103-mnと、入力インタフェース104-1～104-mnと、インサート用光スイッチ回路網803とが備えられている。ここでは、ドロップ用光スイッチ回路網102から出力された光信号が出力インタフェース103-1～103-mnに接続された外部装置へ出力されるようになっている。

【0060】入力インタフェース104-1～104-mnは、これ自体に接続された他の外部装置から入力された信号をインサート用光スイッチ回路網803へ入力させる。通過用光スイッチ回路網1001は、図6に示したドロップ用光スイッチ回路網699の出力端671-1～67n-mのそれぞれに図2に示した通過用光スイッチ回路網101で用いた波長変換器251-1～25n-mを接続することにより構成可能である。ドロップ用光スイッチ回路網1002は、図6に示した構成のものを用いることが可能である。インサート用光スイッチ回路網803は図8で説明した構成のものを用いる。

【0061】この光通信ネットワーク・ノード装置にお

いて、光ファイバのうちの任意のものに入力された任意な波長の光信号を出力インタフェース103-1～103-mnのうちの任意のものへ出力させることができあり、入力インタフェース104-1～104-mnの任意のものに入力された光信号を任意な波長の光信号に変換して出力端1071～107nのうちの任意のものへ出力させることができる。又、入力端1011～101nの任意のものに入力された任意な波長の光信号を任意な波長の光信号に変換して出力端1071～107nの任意のものへ出力させることができる。このとき、通過用光スイッチ回路網1001及びインサート用光スイッチ回路網803は出力信号をそれぞれ遮断する機能を持っているため、2:1光結合器851-1～85n-mで結合するときに両方からの光信号が入力されない状態で結合すること（波長衝突を回避すること）が可能である。

【0062】実施例3の光通信ネットワーク・ノード装置の場合、実施例1の装置において2:1光結合器を用いている部分で波長多重された光信号の結合を行わずに1波1波の結合を行って最後に波長多重を行うものである。但し、実施例1のものとは、波長多重器及び2:1光結合器を配置する順番が異なるだけである（実施例1では波長多重器はインサート用光スイッチ回路網及び通過用光スイッチ回路網中に含まれている）ので、ここでも実施例1の場合と同様に光スイッチ素子数を削減できる。

【0063】図11は、本発明の実施例4に係る光通信ネットワーク・ノード装置の基本構成を示したブロック図である。この光通信ネットワーク・ノード装置は、入力端1111～111nと、波長多重分離器881～88nと、1:2光分岐器821-1～82n-mと、通過用光スイッチ回路網1101と、2:1光結合器151～15nと、出力端1171～117nと、ドロップ用光スイッチ回路網802と、出力インタフェース113-1～113-mnと、入力インタフェース114-1～114-mnと、インサート用光スイッチ回路網103とが備えられている。ここでは、ドロップ用光スイッチ回路網802から出力された光信号が出力インタフェース113-1～113-mnに接続された外部装置へ出力されるようになっている。

【0064】入力インタフェース114-1～114-mnは、これ自体に接続された他の外部装置から入力された信号をインサート用光スイッチ回路網103（図7に示した構成のものや図4に示した構成のものを適用できる）へ入力させる。尚、通過用光スイッチ回路網101に關しても、図7に示した構成のものや図4に示した構成のものを適用できる。

【0065】この光通信ネットワーク・ノード装置において、光ファイバのうちの任意のものに入力された任意な波長の光信号を出力インタフェース113-1～11

$3 - m$  のうちの任意のものへ出力させることが可能であり、入力インターフェース  $114-1 \sim 114-m$  のうちの任意のものに入力された光信号を任意な波長の光信号に変換して出力端  $1171 \sim 117n$  のうちの任意のものへ出力させることが可能となる。又、入力端  $1111 \sim 111n$  に入力された任意の波長の光信号を任意な波長の光信号に変換して出力端  $1171 \sim 117n$  の任意のものへ出力させることが可能であるが、このとき通過用光スイッチ回路網  $1101$  及びインサート用光スイッチ回路網  $103$  は出力信号をそれぞれ遮断する機能を持っているため、 $2:1$  光結合器  $151 \sim 15n$  で結合するときに両方からの光信号が入力されない状態で結合すること（波長衝突を回避すること）が可能である。

【0066】実施例4の光通信ネットワーク・ノード装置の場合、実施例1の装置で用いた光分岐器  $121 \sim 12n$  の波長光分岐器に代えて初段に波長多重分離器  $881 \sim 88n$  及び  $1:2$  光分岐器  $821-1 \sim 82n-m$  を用いており、実施例1の装置でドロップ用光スイッチ回路網  $102$  に含まれていた波長多重分離器を外部に設けただけであるので、ここでも実施例1の場合と同様に光スイッチ素子数を削減できる。

【0067】図12は、本発明の実施例5に係る光通信ネットワーク・ノード装置に備えられる別の通過用光スイッチ回路網  $1299$  の細部構成を示したものである。この光通信ネットワーク・ノード装置は、図1に示す実施例1の装置の構成において、通過用光スイッチ回路網  $101$  を取り除き、その代わりに通過用光スイッチ回路網  $1299$  を配置して成るものである。

【0068】ここでの通過用光スイッチ回路網  $1299$  は、入力端  $1201 \sim 120n$  と、波長多重分離器  $1211 \sim 121n$  と、光ゲート・スイッチ  $1251-n \sim 125n-m$  と、波長多重器  $561 \sim 56n$  と、出力端  $1271 \sim 127n$  とをこの順で接続して成り、各部には図1で用いたものと同じ構成のものを用いることが可能となっている。

【0069】このうち、波長多重分離器  $1211 \sim 121n$  及び波長多重器  $561 \sim 56n$  は、回折格子やAWG（アレー導波路型回折格子）を用いることが可能となっている。光ゲート・スイッチ  $1251-n \sim 125n-m$  は、入力された光を出力させるか、或いは出力させないかを切り替えることが可能となっている。この光ゲート・スイッチ  $1251-n \sim 125n-m$  には、半導体光アンプを用いることができ、半導体光アンプに電流を注入したり注入しなかったり切り替えることにより、光の出力のON/OFFの切り替えが可能である。

【0070】この通過用光スイッチ回路網  $1299$  では、入力端  $1201 \sim 120n$  へ入力される波長多重光が波長多重分離器  $1211 \sim 121n$  で波長多重分離された後、それぞれの波長の光信号が光ゲート・スイッチ  $1251-n \sim 125n-m$  に入力される。光ゲート・

スイッチ  $1251-n \sim 125n-m$  からの出力は、波長多重器  $561 \sim 56n$  に入力され、ここで波長多重した光が出力端  $1271 \sim 127n$  に出力される。

【0071】従って、通過用光スイッチ回路網  $1299$  は、波長多重された入力光のうちの所望の波長のみを遮断して再び波長多重して出力端  $1271 \sim 127n$  に出力する。尚、図示の様子から明らかであるように、ここでは入力された光が出力される出力端  $1271 \sim 127n$  が固定されており、空間的な接続替えの機能を持たない。

【0072】このような光通信ネットワーク・ノード装置の場合、通過用光スイッチ回路網  $1299$  を用いているために空間的な接続替えを行うことはできないが、任意な入力端  $1201 \sim 120n$  の任意のもので任意な波長のドロップが可能であり、光信号をドロップして空いている波長に他の通信装置からの光信号をインサートすることが可能である。光信号をドロップする動作は実施例1の場合と同様である。因みに、光信号をドロップさせないで通過させる場合、光信号は通過用光スイッチ回路網  $1299$  を通って出力されるが、このときに本装置においてドロップする光信号は光ゲート・スイッチ  $1251-n \sim 125n-m$  を用いて遮断し、通過用光スイッチ回路網  $1299$  から出力させない。又、この装置からインサートする光信号以外はインサート用光スイッチ回路網  $103$  の光信号遮断機能を用いて遮断し、インサート用光スイッチ回路網  $103$  から出力させない。更に、インサートする光信号は、ドロップされて空いている波長にインサートする。このようにすれば、波長衝突を起こすことなく、インサート光信号と通過光信号とを重複して他ノードへ伝送することが可能である。

【0073】実施例5の光通信ネットワーク・ノード装置の場合、要求される必要最小限の切り替え機能しか持たない構成なので、実施例1の装置と同様に光スイッチ素子数が削減される他、通過する光信号の空間的な切り替えが不可能であるため、特にトポロジがリングである光通信ネットワーク・ノードを低成本に（スイッチ数を少なく）構成することが可能であり、このような構成に適している。トポロジがリングである場合、空間的にノードとの接続が2方向（光信号が入力される方向、並びに光信号が出力される方向）に限られているため、通過する光信号のON/OFFの機能があり、ドロップ、インサートする信号の接続替えを自由に行えば、インサートする光信号と通過する光信号との波長衝突を回避することができ、通過信号の空間的な接続替え無しでも全てのノードとの通信を行うことが可能である。SONETのリングの場合においても、文献（Feasibility Study of a High-Speed SONET Self-Healing Ring Architecture in Future Internet office Networks”, IEEE C

ommuni. Maga., vol. 28, no. 1 1, pp. 33-42, 1990) を参照すれば、隣接 2 ノードとの空間的接続のみで全ノードとの通信を具現できる。

【0074】尚、実施例 5 の光通信ネットワーク・ノード装置において、光ゲートスイッチ 1251-1~125 n-m の代わりにゲート機能付きの波長変換器を用いたり、或いは波長多重器 561~56 n を光カップラを用いた構成としても良い。

【0075】ところで、実施例 6 の光通信ネットワーク・ノード装置としては、図 1, 図 2 及び図 4 で説明したように、インサート用光スイッチ回路網及び通過用光スイッチ回路網が出力光信号を遮断することが可能なものであり、光スイッチ回路網中の波長変換器の出力を遮断可能とすることにより具現される。

【0076】このように、出力光信号を遮断することができれば、本装置では出力端から出力される光信号は波長衝突を起こすことなく合波することが可能であり、実施例 2 の装置、実施例 3 の装置、並びに実施例 4 の装置のように、通過用光スイッチ回路網及びインサート用光スイッチ回路網の出力信号光を選択するのに、 $1 \times 2$  光スイッチを用いることなく、光カップラで結合することができるため、装置を低コストで簡素に構成できる。

【0077】図 13 は、本発明の実施例 7 に係る光通信ネットワーク・ノード装置に備えられる別の光スイッチ回路網 1399 の細部構成を示したものである。

【0078】この光スイッチ回路網 1399 は、図 9 に示した光スイッチ回路網 999 に代用されるもので、入力端 1301-1~130 n-m と、スターカップラ 1311~131 n と、1:m 光分岐器 721-1~72 n-n と、n×1 光セレクタ 731-1~73 n-m と、波長選択フィルタ 741-1~74 n-m と、波長変換器 751~75 n と、出力端 1371-1~137 n-m をこの順で接続して成り、各部には図 7 で用いたものと同じ構成のものを用いることが可能となっている。尚、スターカップラ 1311~131 n は、光ファイバを複数よじって融着させることにより構成される。

【0079】即ち、この光スイッチ回路網 1399 は、図 9 の光スイッチ回路網 999 の初段に用いられている波長多重器 781~78 n 及び 1:n 光分岐器 711~71 n の代わりにスターカップラ 1311~131 n を用いたものである。ここでは、スターカップラ 1311~131 n として m 及び n のうちの大きい方を x とした場合、x:x (x 入力 x 出力) の仕様のものを用い、それぞれに入力端 1301-1~130 n-m から異なる波長の光信号を入力されるようにする。尚、1311~131 n の余ったポートには何も接続しないようとする。

【0080】スターカップラ 1311~131 n のそれ

ぞれの出力には、入力信号光が全て波長多重されたものが分配される（これはスターカップラの特性である）ため、これらのスター・カップラ 1311~131 n に波長多重器及び光分岐器の 2 つの役割を負わせることが可能である。これ以降は図 9 の構成と同様に n:1 光セレクタ 731-1~73 n-m で選択し、波長選択フィルタ 741-1~74 n-m で選択するため、任意の光信号を出力端 1371-1~137 n-m へ出力させることが可能である。

【0081】この光スイッチ回路網 1399 に波長多重されていない光信号（1 波）を入力すると、任意の空間の任意な波長の光信号に変換して出力することが可能であるが、このときに図 9 の光スイッチ回路網 999 の場合と同様に入力端 1301-1~130 n-m の任意のものの光信号を任意な波長に変換して出力端 1371-1~137 n-m の任意のものへ出力することが可能である。又、この光スイッチ回路網 1399 でも図 9 の光スイッチ回路網 999 と同様にマルチキャストが可能な構成であるが、光スイッチ回路網 999 に必要であった波長多重器及び 1:n 光分岐器が不要となるため、一層部品数を削減することが可能である。

【0082】図 14 は、本発明の実施例 8 に係る光通信ネットワーク・ノード装置に備えられる別のインサート用光スイッチ回路網 1499 の細部構成を示したものである。このインサート用光スイッチ回路網 1499 は、図 7 に示したインサート用光スイッチ回路網 799 に代用されるもので、入力端 1401-1~140 n-m と、スターカップラ 1311~131 n と、1:m 光分岐器 721-1~72 n-n と、2×1 光セレクタ 731-1~73 n-m と、波長選択フィルタ 741-1~74 n-m と、波長変換器 751-1~75 n-m と、波長多重器 761~76 n と、出力端 1471-1~147 n をこの順で接続して成り、各部には図 7 で用いたものと同じ構成のものを用いることが可能となっている。尚、スターカップラ 1311~131 n は、図 13 で用いたものと同じ構成のものを用いることができる。

【0083】このインサート用光スイッチ回路網 1499 では、波長多重されていない光信号（1 波）を入力すると、波長多重された光信号を出力することが可能であるが、このときに図 7 に示したインサート用光スイッチ回路網 799 の場合と同様に入力端 1401-1~140 n-m の任意のものの光信号を任意な波長に変換して出力端 1471-1~147 n の任意のものへ出力することが可能である。又、このインサート用光スイッチ回路網 1499 でも図 7 のインサート用光スイッチ回路網 799 と同様にマルチキャストが可能な構成であるが、インサート用光スイッチ回路網 799 に必要であった波長多重器及び 1:n 光分岐器が不要となるため、一層部品数を削減することが可能である。

【0084】尚、上述した各実施例の光通信ネットワー-

ク・ノード装置では、各種光スイッチ回路網（通過用光スイッチ回路網、インサート用光スイッチ回路網、ドロップ用光スイッチ回路網）として、マトリクス型光スイッチやパラレルスイッチ構成を変形させた光スイッチ回路網を適用した場合を説明したが、光スイッチ回路網はこれらに限定されるものではなく、他の任意のスイッチ構成を適用したり、それらを任意に組み合わせても適用可能である。又、各種光スイッチ回路網の出入力端の数を同一としているが、これらの出入力端の数は相互に同一でなくとも実施可能であり、出入力される光信号の数 ( $m \times n$ ) とドロップする光信号の数（出力インターフェースの数）やインサートする光信号の数（入力インターフェースの数）とが同一としているが、これらも同一である必要はなく任意の数として良く、入力端へ入力する多重数  $m$  や出力端へ出力する光信号の多重数  $m$  を同一とし、同じ多重数の波長多重器や波長多重分離器が用いるものとしたが、これらも必ずしも出力端間及び入力端間で同一である必要はない。更に、光スイッチ回路網として、スターカップラの分岐数（入力端数や出力端数）として、波長多重数及び光ファイバ数のうちの大きい方の数を用いるものとしたが、それ以上の数であっても実施可能であるし、 $m$  波多重された系を前提としているが、 $m$  の値が 1 の場合でも実施可能（この場合には光多重器や光多重分離器が不要になる）である。加えて、光多重技術として波長多重技術を適用した場合を説明したが、偏波多重、時間多重等、他の多重技術を適用しても実施可能である。

【0085】一方、各実施例では、光スイッチ回路網の特定の出力信号を遮断する機能を持たせるために、波長変換器を ON/OFF することにより、光を出力するモードと光を出力しないモードとを切り替えたが、このような機能は波長選択フィルタの後段に半導体光アンプを配置し、ゲート動作させることによっても実現可能である。波長選択フィルタの後段に配置するものとしては、半導体光アンプに限らず、ファイバ型光アンプ等のゲート動作が可能なものであれば何でも良い。光信号を光受信器により受信し、受信信号を光送信器に入力する構成において、光送信器のレーザ駆動部分の ON/OFF を行うことによっても実現可能である。その他、波長選択フィルタの選択波長を光信号の波長と一致させないことによっても光出力を遮断することが可能である。

【0086】他方、上述した各実施例の細部構成に関して、スターカップラをファイバを複数よじって融着することにより構成するものとしたが、これは光分岐器を複数組み合わせることによっても実現可能である。光結合器として光カップラを用いたが、インサートされる信号光か通過信号光かを選択的に結合する光スイッチを用いても実現可能である。この場合、波長衝突が起こらないように、光スイッチを切り替えるので、各種光スイッチ回路網には、光信号出力遮断機能を必要としないことは

明らかである。光分岐器の光パワーの分岐比や光結合器の結合比に関しては、光レベル設計が問題なければ開示したものに限定されない。光スイッチには、LiNbO<sub>3</sub> の電気光学効果を用いたものを用るものとしたが、これに限定されるものではなく、他の光スイッチを用いても支障無く実施できる。例えば、機械式光スイッチ、熱光学効果を用いた光スイッチ、音響光学効果を用いた光スイッチ、半導体光アンプを用いた光ゲート・スイッチ等によっても実施可能である。

- 10 【0087】波長変換器として、一旦光受信器により受信して電気信号に変換してから再び所望の波長の光信号に変換する構成のものを用いたが、光信号の波長が変換される構成であれば、どのような構成のものを用いても実施可能である。例えば、文献：T. Shiragaki et al., "Optical Cross-connect System using Fixed-Wavelength Converters to Avoid Wavelength Blocking," First Optoelectronics and Communications Conference (OECC '96) Technical Digest, PD1-5, pp. 10-11, 1996 を参照すれば明らかであるように、波長変換器として半導体レーザを用いた構成でも支障なく実施できる。この場合、波長変換器の出力を遮断する機能を持たせることができる。電流を注入しないモードと電流を注入して半導体レーザを発振させるモードとを切り替えることにより、ゲート・スイッチ動作を行うことが可能であるからである。又、他の形態として、半導体光アンプの相互位相変調や四光波混合等の半導体光アンプを用いた波長変換器を使用しても実施可能（これらの参考文献は従来の技術の説明部分に記載している）である。これらは何れも半導体光アンプからの出力光を波長変換器の出力としているので、半導体光アンプは電流を注入しなくなるモードと電流を注入して利得を持たせたモードとを切り替えることによってゲート・スイッチ動作ができる。波長変換器に関しては、出力波長が固定されていても可変されるものであっても、合波する時に波長衝突が起こらなければ実施可能である。
- 20 30 40 【0088】因みに、予備ファイバのみの空間的接続替えを行なう構成として、文献 (T. Shiragaki et al., "Optical Digital Cross-Connect System Using Photonic Switch Matrices and Optical Amplifiers", IEEE J. Lightwave Technol., vol. 12, no. 8, pp 1490-1496, 1994) に記載されている構成があるが、本発明はこれとは目的、構成、動作が異なる。この文献の構成の目的は、予備ファイバの接続構成を変えて予備経路を

構成するためであって、光スイッチ回路網には予備ファイバのみが接続され、その切り替え単位はファイバである。現用光ファイバは光スイッチ回路網に入力されず、直接的に電気のデジタル・クロスコネクト・システムと接続される。従って、この文献の構成は、現用光信号の経路を自由に設定する機能を持っていない。又、現用光信号及び予備光信号が同一の光スイッチ回路網に入力されておらず、現用光ファイバ及び光スイッチ回路網が光カップラで接続されている。現用光信号が完全に遮断された場合には光スイッチ回路網からの出力光のみを受信するので問題ないが、現用光信号から予備光信号への切り替えを完全に行うのが不可能であり、現用光ファイバに光信号が弱まり、光が少し伝送されて来る状態の障害が発生した場合、現用光信号と予備光信号とが混ざってしまい、光受信器は正常に受信できなくなる。

【0089】これに対し、本発明では、現用ファイバ及び予備ファイバが同一の入出力端に接続され、任意の現用光信号及び予備光信号間の切り替え、現用光信号間の切り替え、予備光信号間の切り替えが可能であり、現用光信号、予備光信号のドロップ、インサートが可能な構成である。従って、現用光信号の経路の設定が自由にでき、切り替え単位は1波の光信号である。又、現用光信号と予備光信号とは同一の光スイッチ回路網に入力され、且つ切り替えが行われるので、現用光信号と予備光信号とが完全に切り替えられ、上記文献のように現用光信号が少し弱った場合の障害にも対応可能である。又、上記文献のFig. 2中の電気のデジタル・クロスコネクト・システムと接続されている光スイッチ回路網  $N_s \times N_w$  における光スイッチ回路網並びに  $N_w \times N_s$  光スイッチ回路網における  $N_w$ 、 $N_s$  はそれぞれ現用光ファイバの数、予備光ファイバの数を意味し、それぞれの光スイッチ回路網は、現用光ファイバ数と予備光ファイバ数との差を吸収するためのインターフェースとなるものであり、光信号をドロップしたり、インサートする目的で設けてあるものではない。

【0090】動作上の相違としては、文献にある光スイッチ回路網は、光信号のドロップ、インサートを行うものではなく、予備光ファイバの接続を変えることによる障害回復を行うためであり、障害が発生して予備の経路を構成するときにのみに用いるものであるのに対し、本発明の光スイッチ回路網は、現用光信号及び予備光信号の両方のドロップ、インサートを行うため、障害発生時は勿論、通常の通信時にも用いるものである点を挙げることができる。又、文献のような従来の装置では、波長衝突を起こさずに2つの光スイッチ回路網からの光信号を重畳する機能を持っていないが、本発明では、通過用光スイッチ回路網及びインサート用光スイッチ回路網は任意の光信号出力を遮断する機能や光スイッチによって何れかからの光信号を選択する機能等の波長衝突を起こさずに2つの光スイッチ回路網からの出力光を重畳する

機能を持っている。このように、本発明は上記した文献とは技術的に相違しており、全く別個なものとなっている。

#### 【0091】

【発明の効果】以上に述べた通り、本発明の光通信ネットワーク・ノード装置によれば、光スイッチ回路網を機能別に分割して各種光スイッチ回路網として通過用光スイッチ回路網、ドロップ用光スイッチ回路網、インサート用光スイッチ回路網を設けて必要な切り替え状態のみをサポートするようにしているので、1つの光スイッチ回路網で大規模な光スイッチ回路網を構成する必要がなく、必要とされる光スイッチ素子の数が少なくて済み、小型化や低コスト化が可能となる。又、特にドロップ用光スイッチ回路網に光信号監視装置を接続すれば通過信号光の監視を常時行うことが可能となるため、保守管理面でも優れたものとなる。更に、大規模な光スイッチ回路網を必要としないため、スイッチ網の構成によっては光の損失が少なくなることも期待できる。

#### 【図面の簡単な説明】

20 【図1】本発明の実施例1に係る光通信ネットワーク・ノード装置の基本構成を示したブロック図である。

【図2】図1に示す光通信ネットワーク・ノード装置に備えられる通過用光スイッチ回路網の一例の細部構成を示したものである。

【図3】図1に示す光通信ネットワーク・ノード装置に備えられるドロップ用光スイッチ回路網の一例の細部構成を示したものである。

【図4】図1に示す光通信ネットワーク・ノード装置に備えられるインサート用光スイッチ回路網の一例の細部構成を示したものである。

【図5】図1に示す光通信ネットワーク・ノード装置に備えられる通過用光スイッチ回路網の他例の細部構成を示したものである。

【図6】図1に示す光通信ネットワーク・ノード装置に備えられるドロップ用光スイッチ回路網の他例の細部構成を示したものである。

【図7】図1に示す光通信ネットワーク・ノード装置に備えられるインサート用光スイッチ回路網の他例の細部構成を示したものである。

40 【図8】本発明の実施例2に係る光通信ネットワーク・ノード装置の基本構成を示したブロック図である。

【図9】図8に示す光通信ネットワーク・ノード装置に備えられる通過用光スイッチ回路網及びインサート用光スイッチ回路網に適用可能な光スイッチ回路網の細部構成を示したものである。

【図10】本発明の実施例3に係る光通信ネットワーク・ノード装置の基本構成を示したブロック図である。

【図11】本発明の実施例4に係る光通信ネットワーク・ノード装置の基本構成を示したブロック図である。

【図12】本発明の実施例5に係る光通信ネットワーク

・ノード装置に備えられる別の通過用光スイッチ回路網の細部構成を示したものである。

【図13】本発明の実施例7に係る光通信ネットワーク  
・ノード装置に備えられる別の光スイッチ回路網の細部構成を示したものである。

【図14】本発明の実施例8に係る光通信ネットワーク  
・ノード装置に備えられる別のインサート用光スイッチ回路網の細部構成を示したものである。

【図15】従来の光通信ネットワーク・ノード装置(光クロスコネクト・ノード装置)の基本構成を示したブロック図である。

#### 【符号の説明】

- 101 通過用光スイッチ回路網
- 102 ドロップ用光スイッチ回路網
- 103 インサート用光スイッチ回路網
- 111~11n, 201~20n, 1501~150n  
入力端
- 171~17n, 271~27n, 1531~153n  
出力端

121~12n 1:2光分岐器

151~15n 2:1光結合器

13-1~13-mn, 152-1~152-mn 出力インタフェース

14-1~14-mn, 151-1~151-mn 入力インタフェース

211~21n, 1541~154n 波長多重分離器

221-1~22-(mn)-(mn) 2×2光スイッチ

10 251-1~25n-m, 551-1~55n-m, 1551-1~155n  
-m 波長変換器

261~26n, 561~56n, 1561~156n  
波長多重器

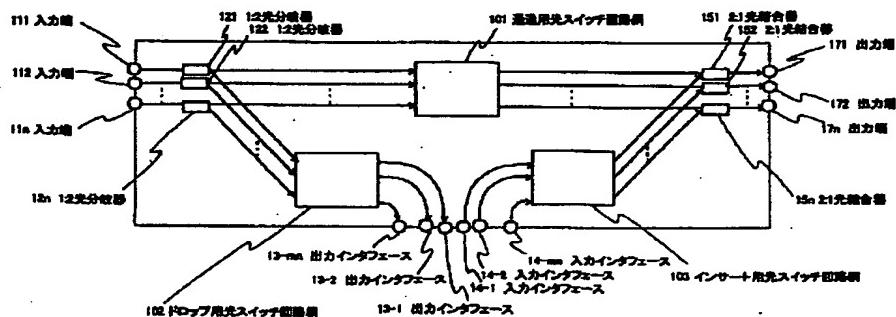
511~51n 1:n光分岐器

521-1~52n-n 1:m光分岐器

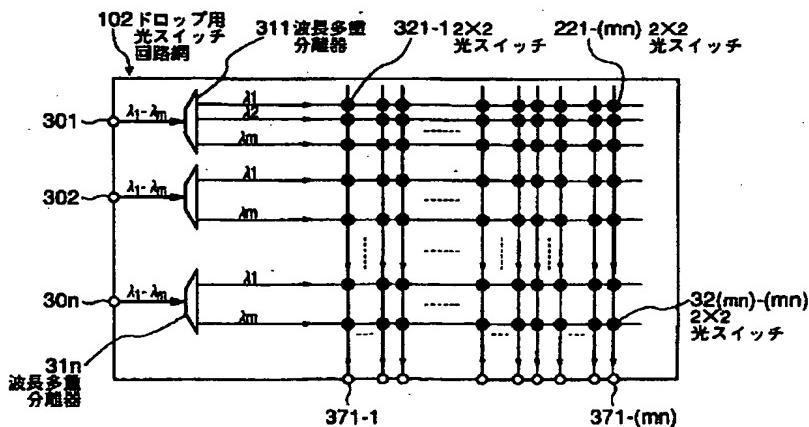
541-1~54n-m 波長選択フィルタ

1599 光スイッチ回路網

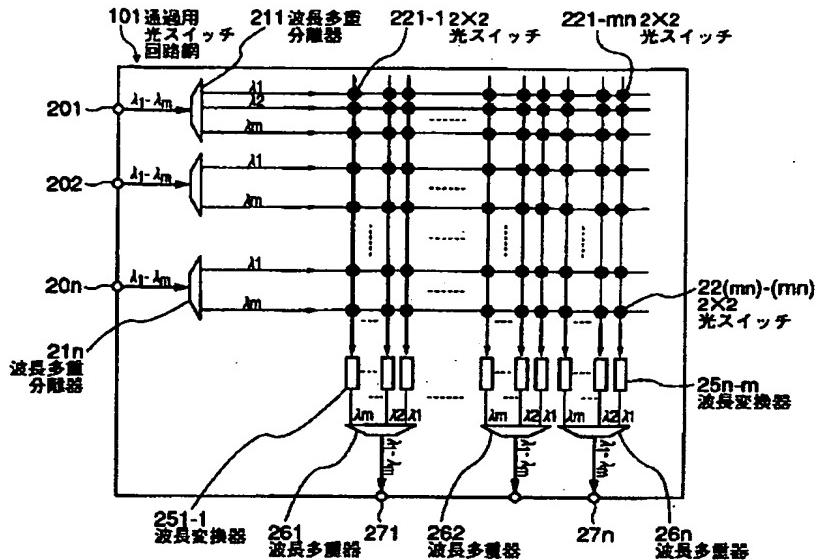
【図1】



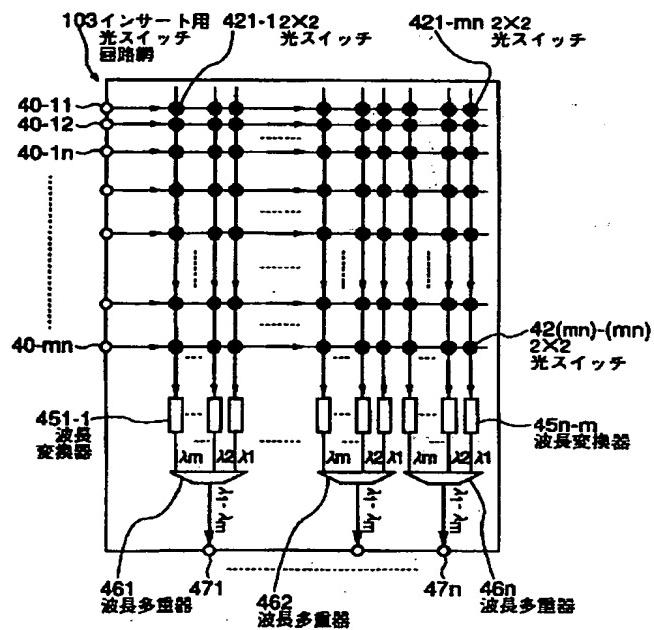
【図3】



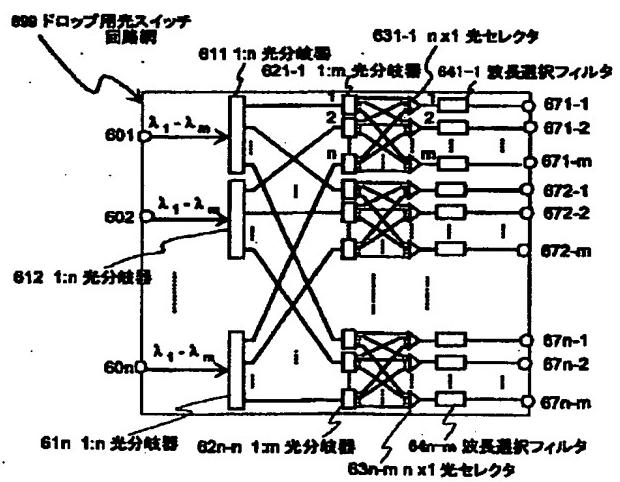
【図2】



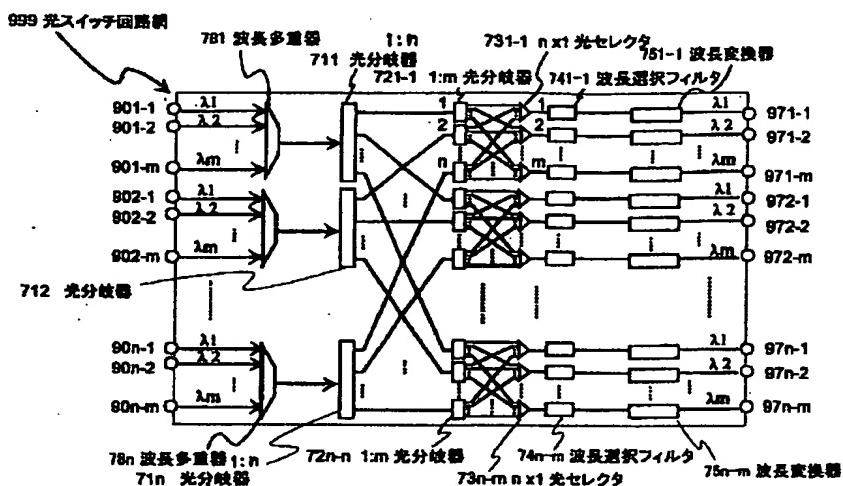
【図4】



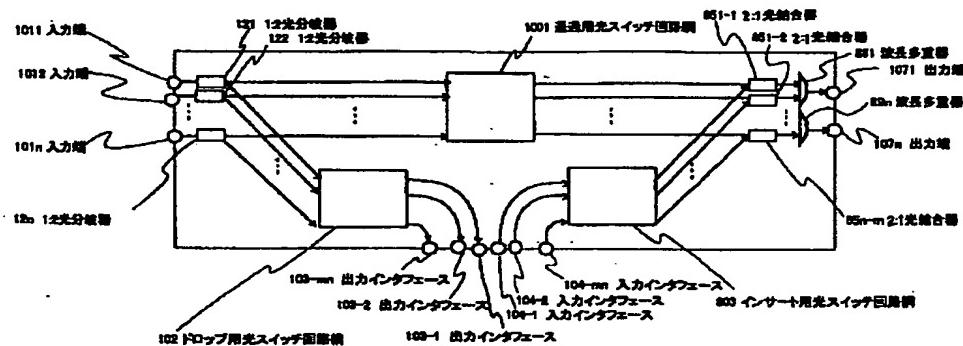
【図6】



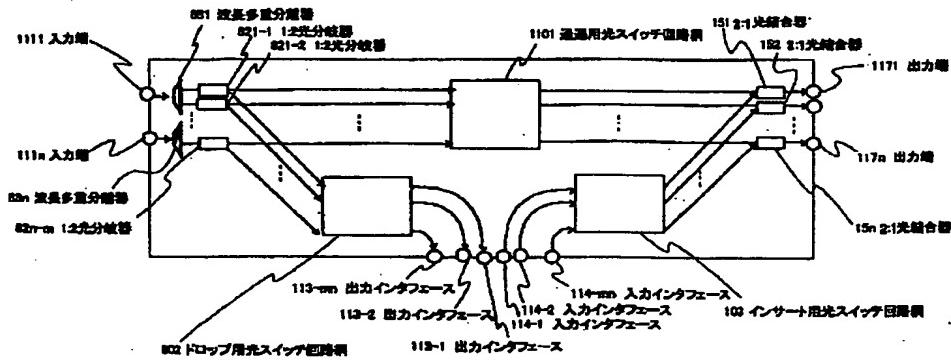
[图 9]



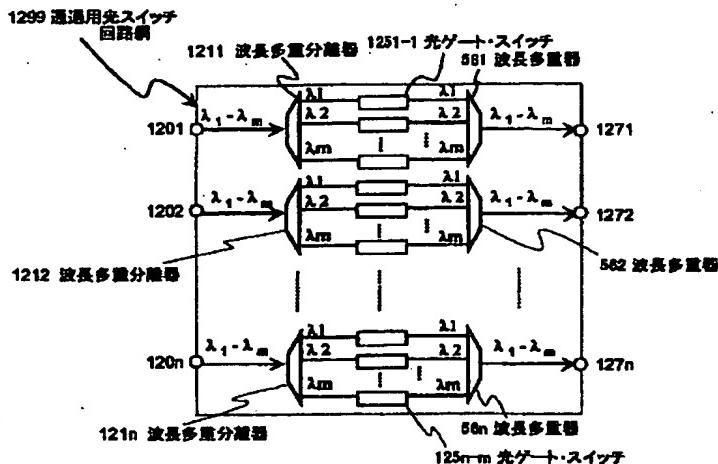
【図10】



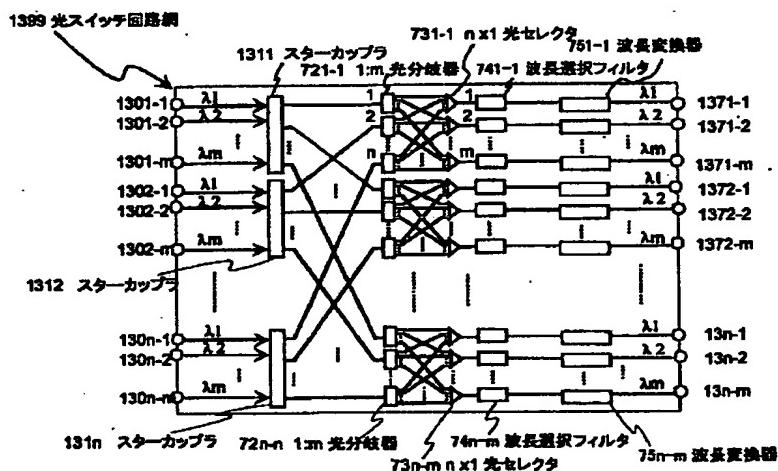
### 【図11】



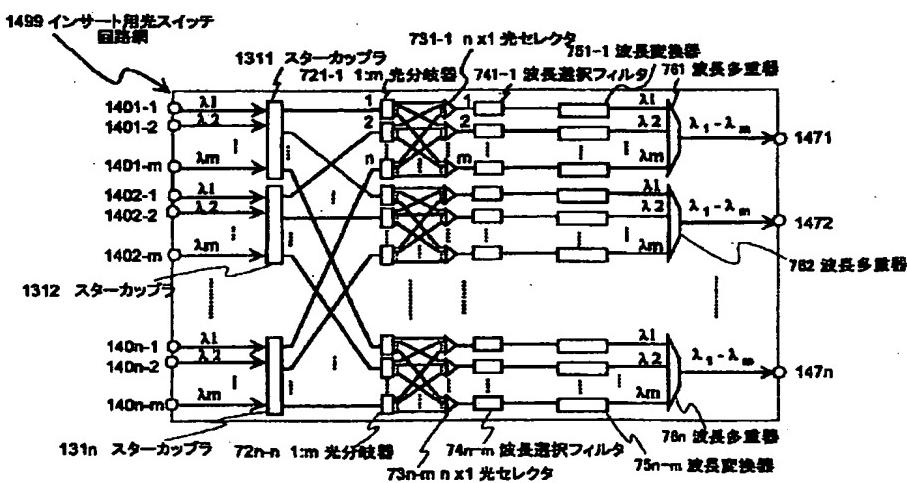
【図12】



【図13】



【図14】



【図15】

